

複合構造主塔の耐風、耐震性に関する検討

NKK 正会員 神 弘夫 正会員 津村直宜
正会員 高尾道明 正会員 佐藤 豪

1. はじめに

現在、わが国では公共事業のコスト縮減が大きな課題となっており、とくに多大の資金を要する今後の海峡横断道路プロジェクトについては建設費を大幅に低減しなければ早期の実現が困難と言われている。このような状況をふまえ、筆者らは経済性に優れた主塔構造の検討を進めており、前報で複合構造の吊橋主塔を試設計して鋼構造およびRC構造の主塔との経済比較を報告した¹⁾。本報では、それらの主塔を有する吊橋について動的解析を実施し、耐風、耐震性に関する比較検討を行った結果を報告する。

2. 主塔の試設計

試設計では、中央支間 1500m、サグ比 1/10、4車線の3径間2ヒンジ道路吊橋を想定し、塔高 200m、水平材数 4段、塔柱間隔 26~28mの条件の下に鋼製、RCならびに複合構造のラーメン形式主塔の構造諸元を定めた。複合主塔は、図-1に示すようなサンドウィッチ構造の合成箱形断面をもつ塔柱と鋼製箱形断面の水平材からなる構造とした。各主塔の構造諸元については文献1)を参照されたい。

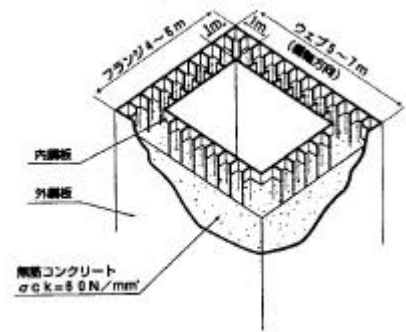


図-1 複合主塔の断面

3. 固有振動特性の比較

吊橋完成時（主塔卓越モード）と主塔独立時の固有振動数と一般化質量を表-1、2に、また複合主塔を有する吊橋の主塔卓越モード形状を図-2に示す。吊橋完成時において、複合主塔の固有振動数はRC主塔とほぼ同一であり、鋼製主塔の0.6~0.7倍にあたる。一般化質量は、RC主塔より複合主塔のほうが若干小さめながら、いずれも鋼製主塔の3~4倍とかなり大きな値となる。これらの結果から吊橋完成時の渦励振特性を予測すると、RC主塔や複合主塔は、鋼製主塔に比較して発現風速は低下するものの、質量減衰パラメータの増加から応答振幅はかなり小さくなり、完成時の制振対策が不要となる可能性が高い。主塔独立時は鋼製主塔の固有振動数が一番低く、RC、複合主塔との一般化質量の差はモード形状の影響から吊橋完成時よりも小さくなっている。

表-1 吊橋完成時の固有振動数と一般化質量

モード形状	固有振動数 [Hz]			一般化質量 [ton]		
	鋼製	RC	複合	鋼製	RC	複合
塔1次同相	0.619	0.423	0.436	5410	20639	18091
塔1次逆相	0.634	0.440	0.452	5292	20717	17865
塔2次同相	1.694	1.019	1.152	4606	35652	11829
塔2次逆相	1.841	1.144	1.277	4900	19022	23432

表-2 主塔独立時の固有振動数と一般化質量

モード形状	固有振動数 [Hz]			一般化質量 [ton]		
	鋼製	RC	複合	鋼製	RC	複合
面外1次	0.090	0.100	0.097	570	910	844
面内1次	0.321	0.386	0.352	695	1280	1122
ねじれ1次	0.451	0.570	0.506	908	1484	1452
面外2次	0.471	0.491	0.506	508	962	740

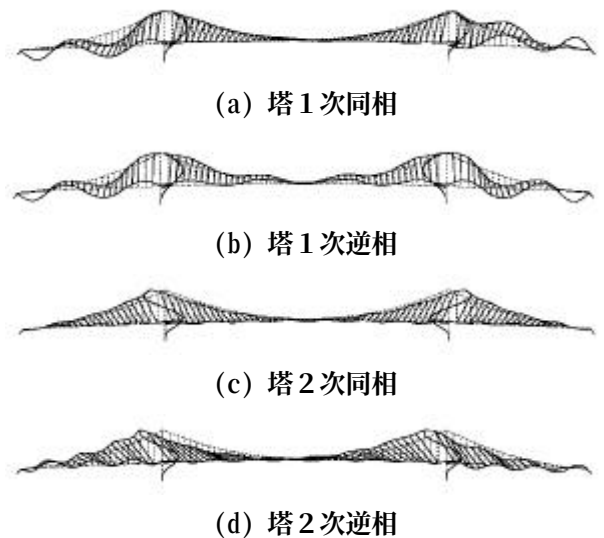


図-2 吊橋完成時の固有振動モード

keywords : 吊橋, 主塔, 複合構造, 耐風性, 耐震性

〒230-8611 横浜市鶴見区末広町2-1 Tel. 045-505-7570 Fax. 045-505-7542

4. 地震応答特性の比較

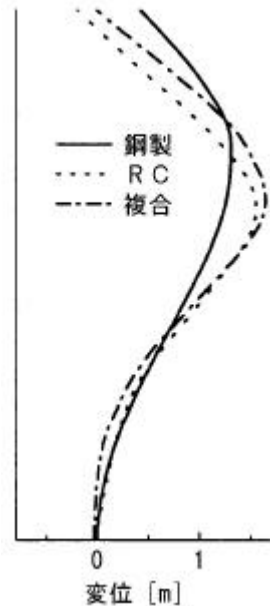
地震応答特性を比較するために、各主塔を有する吊橋について橋軸方向地震に対する非線形時刻歴応答解析を行った。入力地震波は内陸直下型地震を想定したⅠ種地盤の標準地震波（Ⅱ-I-1）である。解析では、主塔部材を非線形Mφはり要素でモデル化し、履歴モデルとしてRC主塔に武田モデル、鋼製主塔と複合主塔にバイリニアモデルを用いた。

表－3に主塔の最大変位と塔基部の応答塑性率を示す。同表中の倍率とは入力地震波の振幅倍率であり、塑性域での応答性状を比較するため便宜的に標準地震波の振幅を整数倍している。図－3、4、5に、それぞれ、3倍入力時の主塔の変形形状（最大変位時）、曲げモーメント分布（最大曲げモーメント時）および履歴応答曲線（塔基部）を示す。これらの結果から、主塔の最大変位は、主塔の構造形式に抛らず入力レベルに比例してほぼ一定となる傾向が認められる。また応答塑性率は3倍入力時において、RC主塔が5.58であるのに対し、複合主塔が3.12であり、断面の靱性を同等と見なせば、複合主塔のほうが損傷が少ないと言える。一方、鋼製主塔は3倍入力時でもわずかに降伏するだけに留まり、靱性の乏しさを考慮しても、この程度の入力レベルであれば耐震性には最も優れると考えられる。

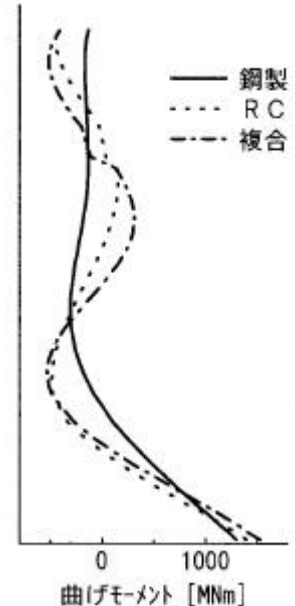
表－3 地震入力時の主塔の最大変位と応答塑性率

入力	最大変位 [m]			応答塑性率*		
	鋼製	RC	複合	鋼製	RC	複合
×1	0.59	0.52	0.63	0.50	1.06	0.73
×2	1.08	0.99	1.15	0.83	3.49	1.33
×3	1.30	1.55	1.66	1.18	5.58	3.12

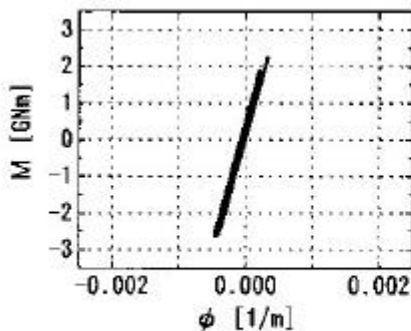
*塔基部断面の曲率に関する応答塑性率



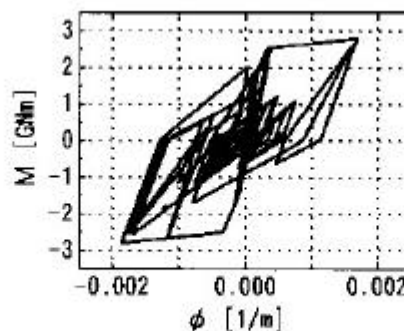
図－3 主塔の最大変形形状



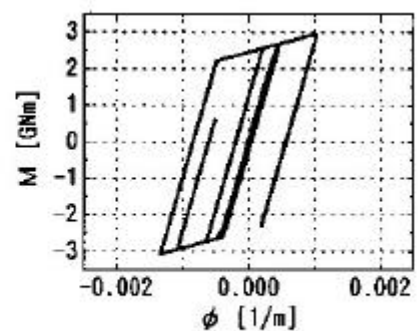
図－4 主塔の最大曲げモーメント分布



(a) 鋼製主塔



(b) RC主塔



(c) 複合主塔

図－5 主塔基部の履歴応答曲線

5. まとめ

鋼製、RCならびに複合主塔を有する長大吊橋について固有振動解析と非線形地震応答解析を実施したところ、複合主塔の耐風性はRC主塔と同等で、耐震性は鋼製主塔よりは劣るもののRC主塔よりは優れるという結果が得られた。ケーススタディではあるが、複合構造により高い耐風性と耐震性を兼ね備えた主塔を実現できる可能性が示されたと考えられ、今後、断面構成等について最適化を進めていく予定である。

[参考文献]

1) 神, 津村, 高尾: 長大吊橋における複合構造主塔の試設計, 土木学会第54回年次学術講演会, I-A, 1999-9